

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-213831

(43)Date of publication of application : 31.07.2002

(51)Int.Cl.

F25B 9/14

(21)Application number : 2001-012602

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 22.01.2001

(72)Inventor : NISHI NAOKI

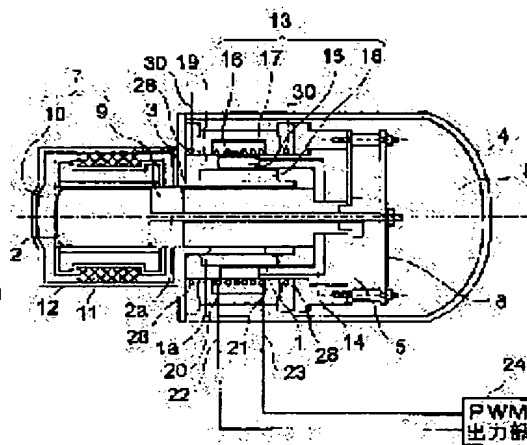
## (54) STIRLING REFRIGERATOR AND OPERATION CONTROL METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent collision of a piston with a displacer during the operation of a free-piston Stirling refrigerator.

SOLUTION: The Stirling refrigerator comprises the piston 1, disposed in a cylinder 3, an annular permanent magnet 15 fixed to the piston 1, a drive coil 16 provided around the magnet 15 with a gap, a PWM output part 24 which is a power source for providing AC current as a pulse voltage to the coil 16, and the displacer 2 which reciprocally moves in the cylinder 3, with a given phase difference to the piston.

The refrigerator also comprises position detecting coils 28, which are located on both sides of the coil 16 being coaxial therewith and being outside the range, in which the magnet 15 is movable interlocking with the reciprocating motion of the piston 1; and a control unit 32 for changing a voltage value of the AC current to be fed to the coil 16, by detecting the electromotive force generated in the coils 28 with the actuation of the magnet 15 beyond its movable range.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3566213

[Date of registration]

18.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-213831

(P2002-213831A)

(43) 公開日 平成14年7月31日 (2002.7.31)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 2 5 B 9/14

識別記号

5 2 0

F I

F 2 5 B 9/14

テーマコード(参考)

5 2 0 F

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-12602(P2001-12602)

(22) 出願日 平成13年1月22日 (2001.1.22)

(71) 出願人 00005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 西 直紀

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

(74) 代理人 100085501

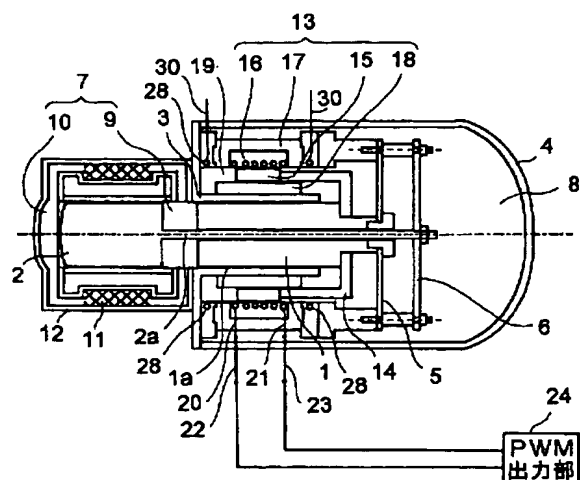
弁理士 佐野 静夫

(54) 【発明の名称】 スターリング冷凍機及びその運転制御方法

(57) 【要約】

【課題】 フリーピストン型スターリング冷凍機の運転中、ピストンとディスプレイサとの衝突を防止する。

【解決手段】 円筒状のシリンダ3内に配されたピストン1と、前記ピストン1に取り付けられた環状永久磁石15と、前記環状永久磁石15の周囲に間隙を持たせて設けた駆動用コイル16と、前記駆動用コイル16に交流電流をパルス電圧として供給する電源であるPWM出力部24と、前記シリンダ3内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレイサ2とを有するスターリング冷凍機において、前記駆動用コイル16の同軸上の両側であって前記ピストン1の往復動と連動する前記環状永久磁石15の可動範囲外に配された位置検知用コイル28と、前記環状永久磁石15が前記可動範囲を超えて動作することにより前記位置検知用コイル28に発生した起電力を検出して前記駆動用コイル16に供給する前記交流電流の電圧値を変更する制御部32とを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 円筒状のシリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンの往復動の駆動源と、前記駆動源に電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、

前記ピストンの往復動の可動範囲外に配された位置検知手段と、前記ピストンの動作が前記可動範囲を超えたことを前記位置検知手段が検知したとき、前記電源から前記駆動源へ供給する電力を低減する制御手段とを備えたことを特徴とするスターリング冷凍機。

【請求項 2】 円筒状のシリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンに取り付けられた永久磁石と、前記永久磁石の周囲に間隙を持たせて設けた駆動用コイルと、前記駆動用コイルに交流電流を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、

前記駆動用コイルの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する前記永久磁石の可動範囲外に配された位置検知用コイルと、前記永久磁石が前記可動範囲を超えて動作することにより前記位置検知用コイルに発生した起電力を検出して前記駆動用コイルに供給する前記交流電流の電圧値を変更する制御部とを備えたことを特徴とするスターリング冷凍機。

【請求項 3】 円筒状のシリンダ内に配されたピストンと、前記ピストンに取り付けられた永久磁石と、前記永久磁石の周囲に間隙を持たせて設けた駆動用コイルと、前記駆動用コイルに交流電流を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機の運転制御方法において、

前記駆動用コイルの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する前記永久磁石の可動範囲外に配された位置検知用コイルに、前記永久磁石が前記可動範囲を超えて動作することにより起電力が発生したとき、前記駆動用コイルに供給する前記交流電流の電圧値を変更するようにしたことを特徴とするスターリング冷凍機の運転制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スターリング冷凍機、特に機械的駆動系を用いないフリーピストン型スターリング冷凍機及びその運転制御方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】スターリング冷凍機は、逆スターリングサイクルとして既知の熱力学的サイクルを利用して所望の冷凍能力を取り出すように構成された冷凍システムで

ある。特に、機械的な駆動系を用いないフリーピストン型スターリング冷凍機は、設計が比較的容易で優れた能力を発揮するため、実用化に向けた開発が盛んに行われている。

【0003】図6は、従来のフリーピストン型スターリング冷凍機の一例の断面図である。まず、このスターリング冷凍機の構成について説明する。略円筒形に形成されたシリンダ3内には、略円筒形の一对のピストン1及びディスプレーサ2が同軸上に配置されている。ピストン1はピストン支持バネ5によって圧力容器4に対して弾性支持されている。

【0004】一方、ディスプレーサ2の中心部からピストン1側に延長して設けられたロッド2aは、ピストン1の中心部を軸方向に貫通する摺動穴1aに挿通しており、その先端と圧力容器4との間に介在するディスプレーサ支持バネ6によってディスプレーサ2は圧力容器4に対して弾性支持されている。尚、ロッド2aと摺動穴1aとの隙間は、摩擦がなくスムーズにロッド2aが摺動できるだけの隙間を確保してはいるが、作動ガスを通過させるべくするためにできるだけ狭く作られている。

【0005】シリンダ3により圧力容器4内に形成される空間は、ピストン1によって2つの空間に分割される。1つはピストン1のディスプレーサ2側に形成される作動空間7であり、もう1つはディスプレーサ2と反対側の背面空間8である。更に、作動空間7はピストン1とディスプレーサ2によって圧縮空間9と膨張空間10とに仕切られている。そして、圧縮、膨張空間9、10の間を金網等の充填材（マトリックス）を詰めた再生器11を配した通路12によって連通接続し、一定量の作動ガスを圧力容器4内に密閉している。

【0006】ピストン1のディスプレーサ2と反対側には非磁性材料から成る断面L字状のスリーブ14が連結され、その先端にはピストン1の摺動方向に沿って環状永久磁石15が取り付けられている。そして、駆動用コイル16を内包する断面コの字状の外側ヨーク17、シリンダ3の外周に嵌着された内側ヨーク18との間の隙間19内でピストン1の往復動と連動して環状永久磁石15がシリンダ3の軸方向に摺動できる構造になっている。

【0007】駆動用コイル16には第1のリード線20及び第2のリード線21が接続され、これらのリード線20、21は耐圧容器4の壁を通して第1の電気接点22及び第2の電気接点23との接続を介してPWM出力部24と接続されている。以上の環状永久磁石15、駆動用コイル16、リード線20、21及びヨーク17、18は全体としてリニアモータ13を構成している。そして、PWM出力部24によりリニアモータ13に交流電流がパルス電圧として供給される。

【0008】上記のように構成された従来の冷凍機の動作について説明する。PWM出力部24より電気接点2

2、23及びリード線20、21を介して駆動用コイル16に交流電流を供給すると、駆動用コイル16には交流の周波数で両端の極性が変化する磁界が作られる。環状永久磁石15には間隙19中の上記極性が変化する磁界との相互作用により吸引及び反発力がシリンダ3の軸方向に働く。その結果、環状永久磁石15が取り付けられたピストン1はシリンダ3内を軸方向に移動する。

【0009】今、駆動用コイル16に正弦波状の交流電流を供給すると、ピストン1がシリンダ3の内壁に沿って摺動しながら往復動する。これにより、圧縮空間9内で作動ガスは圧縮され、再生器11を通過する際に熱を回収された後、膨張空間10側に移動する。膨張空間10内に流入した作動ガスは、ディスプレーサ2を押し下げながら膨張される。

【0010】そして、ディスプレーサ2がディスプレーサ支持パネ6の復元力により復帰する際、作動ガスは上記とは逆向きに押し出され、再生器11を通過する際に半サイクル前に再生器11に回収された熱を受け取った後、圧縮空間9側に戻る。

【0011】これにより、作動空間7内で圧縮又は膨張される作動媒体の圧力変化によって、ピストン1及びディスプレーサ2は、それぞれピストン支持パネ5及びディスプレーサ支持パネ6のパネ定数に従って、一般に約90°の位相差をもって共振する逆スターリングサイクルが構成される。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、冷凍機の運転中、作動ガスの圧力変化、ガスバランスの崩れが生ずると、ピストン1が設計上の振幅の基準値を上回り、可動範囲を超えて動作することがあり、場合によっては、上記の位相差をもって往復動するディスプレーサ2と衝突して、部品の破損を招く恐れがある。

【0013】従って、フリーピストン型スターリング冷凍機の運転に際しては、ピストン1の振幅が基準値を超えないようリニアモータ13に供給する交流電流を慎重に制御する必要がある。本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、フリーピストン型スターリング冷凍機の運転中、ピストン1とディスプレーサ2との衝突を防止できるフリーピストン型スターリング冷凍機を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、円筒状のシリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンの往復動の駆動源と、前記駆動源に電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、前記ピストンの往復動の可動範囲外に配された位置検知手段と、前記ピストンの動作が前記可動範囲を超えたことを前記位置検知手段が検知したとき、前記

電源から前記駆動源へ供給する電力を低減する制御手段とを備えたことを特徴とする。

【0015】この構成によると、ピストンの可動範囲を超えて往復動が位置検知手段により検出されると、それに基づき制御手段によってピストンの駆動源に供給される電力が低減される。

【0016】また、本発明は、円筒状のシリンダ内に配されたピストンと、前記ピストンに取り付けられた永久磁石と、前記永久磁石の周囲に間隙を持たせて設けた駆動用コイルと、前記駆動用コイルに交流電流を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、前記駆動用コイルの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する前記永久磁石の可動範囲外に配された位置検知用コイルと、前記永久磁石が前記可動範囲を超えて動作することにより前記位置検知用コイルに発生した起電力を検出して前記駆動用コイルに供給する前記交流電流の電圧値を変更する制御部とを備えたことを特徴とする。

【0017】この構成によると、ピストンの往復動と連動する永久磁石が可動範囲を超えて動作すると、この永久磁石が位置検知用コイルを通過する際に起電力が発生する。そして、この起電力に応じて制御部は、ピストンの駆動用コイルに供給する交流電流の電圧値を変更する。

【0018】また本発明は、円筒状のシリンダ内に配されたピストンと、前記ピストンに取り付けられた永久磁石と、前記永久磁石の周囲に間隙を持たせて設けた駆動用コイルと、前記駆動用コイルに交流電流を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機の運転制御方法において、前記駆動用コイルの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する前記永久磁石の可動範囲外に配された位置検知用コイルに、前記永久磁石が前記可動範囲を超えて動作することにより起電力が発生したとき、前記駆動用コイルに供給する前記交流電流の電圧値を変更するようにしたことを特徴とする。

【0019】この方法によると、ピストンの往復動と連動する永久磁石が可動範囲を超えて動作すると、この永久磁石が位置検知用コイルを通過する際に起電力が発生する。そして、この起電力に応じてピストンの駆動用コイルに供給する交流電流の電圧値が変更される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は、本発明に係るフリーピストン型スターリング冷凍機の一例の断面図、図2はその冷凍機の制御装置のブロック図、図3はその冷凍機の制御方法の一例のフローチャート、図4、図5はピストンの往復動の中心位置からの変位と、駆動用コイル

に供給するパルス電圧の波形とを示す図である。尚、図1及び図2において図6に示す上記従来のフリーピストン型スターリング冷凍機と同一の部材には共通の符号を附し、その詳細な説明を省略する。

【0021】本実施形態に特徴的な構成を図1及び図2を参照して説明する。駆動用コイル16の両側の環状永久磁石15の可動範囲外には一対の位置検知用コイル28、28が設けられている。尚、この位置検知用コイル28は、磁界の変化により微弱な誘導起電力を発生できればよく、省スペース化を図るため巻き数は1回か2回程度としている。

【0022】位置検知用コイル28、28のそれぞれから耐圧容器4を通して引き出されるリード線30、30は、アンプ31を介して制御部32に接続されている。制御部32内には、位置検知用コイル28からの検出信号(誘導起電力)を受けてその値を記憶する記憶部33と、該記憶部33に記憶された電圧値を予め設定された基準値と比較する比較部34と、その比較結果に基づき適切な電圧値を決定してリニアモータ13に交流電流を供給するPWM出力部24とが設けられている。尚、PWM出力部24は、予め与えられた複数の段階的な値を振幅とするパルス電圧(図4参照)を出力するようになっているものとする。

【0023】次に、以上のような構成を備えたフリーピストン型スターリング冷凍機の制御方法の一例を図1～図5を参照して説明する。正常に冷凍機の運転がなされているときは、往復動しているピストン1の中心位置からの変位と、PWM出力部24からリニアモータ13に供給される交流電圧の振幅との間には、図4のような一対一の対応関係が成立している。

【0024】ところが、突発的な作動ガス圧の変化やガスバランスの崩れが生ずると、作動ガスの波動が不規則な変化をし、これにより図5のようにピストン1の振幅が設計上の基準値を上回り、可動範囲を越えて動作する場合がある。この場合、上記の対応関係が崩れ、同じ出力で交流電流をリニアモータ13に供給しては、一旦増大したピストン1の振幅を元に戻すことはできない。

【0025】また、ピストン1の振幅が増大すると、極端な場合、ピストン1と、ピストン1と約90°の位相差をもって往復動するディスプレーサ2とが衝突して、部品の破損を招く恐れがある。このようなピストン1の振幅の増加があると、ピストン1の往復動と連動する環状永久磁石15が位置検知用コイル28内を通過し、この際、位置検知用コイル28に誘導起電力が発生する。

【0026】このときの冷凍機の制御の流れを図3のフローチャートを用いて更に詳しく説明する。ステップS1で一定周期、一定振幅のパルス電圧(図4参照)をPWM出力部24からリニアモータ13に供給してピストン1を所望の振幅で往復動させる。このとき、ステップ

S2で位置検知用コイル28(図1)に発生する誘導起電力の検出が開始され、その起電力をアンプ31を通して増幅した後、ステップS3で制御部32内の記憶部33に記憶させる。そして、ステップS4でその都度比較部34によって所定の基準値との比較を行う。

【0027】もし、ステップS4で位置検知用コイル28(図1)に発生した起電力が基準値を超えていると判定(否定判定)されると、ステップS5でリニアモータ13に供給するパルス電圧の振幅を1段階下げた値に決定するとともに、再びステップS1に戻って上記の振幅を1段階下げたパルス電圧をPWM出力部24を介してリニアモータ13に供給する。これにより、ピストン1の往復動の振幅は瞬間的に設計上の基準値以下に抑えることができる。

【0028】一方、ステップS4で基準値以下であると判定(否定判定)されると、ステップS6に移行してその誘導起電力が零か否かの判断がなされる。もし、ステップS6で起電力が零ではないと判断されると、ステップS7でリニアモータ13に供給するパルス電圧の振幅を変更せずそのままの値に維持するとともに、再びステップS1に戻って上記のパルス電圧をPWM出力部24を介してリニアモータ13に供給する。この場合は、ピストン1は可動範囲を超えて往復動しているが、ディスプレーサ2と衝突する恐れがないので、敢えてリニアモータ13に供給するパルス電圧の振幅を変更しないのである。

【0029】一方、ステップS6で記憶された誘導起電力が零、即ち誘導起電力が発生しなかったと判定された場合は、ピストン1の往復動の振幅が設計上の基準値以下であるとみなせるので、ステップS8でリニアモータ13に供給するパルス電圧の振幅を1段階上げた値に決定するとともに、再びステップS1に戻って上記の振幅を1段階上げたパルス電圧をPWM出力部24を介してリニアモータ13に供給する。この場合は、ピストン1は可動範囲内で往復動してはいるが、何らかの原因で運転開始直後と比較して振幅が落ちていることも考えられるので、一旦、リニアモータ13に供給するパルス電圧の振幅を1段階上げるのである。

【0030】尚、本実施形態では一対の位置検知用コイル28、28を駆動用コイル16の両側に設ける場合について説明したが、振幅の増大はピストン1の往復動の中心位置が不変である限り、どちら側を見ても同一なので、駆動用コイル16の片側にのみ位置検知用コイル28を設けても同様の効果が得られることは勿論である。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように本発明によると、円筒状のシリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンの往復動の駆動源と、前記駆動源に入力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するデ

10

20

30

40

50

ィスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、前記ピストンの往復動の可動範囲外に配された位置検知手段と、前記ピストンの動作が前記可動範囲を超えたことを前記位置検知手段が検知したとき、前記電源から前記駆動源へ供給する入力を低減する制御手段とを備えたことにより、位置検知手段から制御手段への出力があった場合、駆動源に供給する入力が低減されるため、ピストンの往復動の振幅が設計上の基準値を上回り、可動範囲を大きく越えて動作することを抑制し、ピストンとディスプレーサとの衝突による部品の破損を防止できる。

【0032】また、本発明によると、円筒状のシリンダ内に配されたピストンと、前記ピストンに取り付けられた永久磁石と、前記永久磁石の周囲に間隙を持たせて設けた駆動用コイルと、前記駆動用コイルに交流電流を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、前記駆動用コイルの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する前記永久磁石の可動範囲外に配された位置検知用コイルと、前記永久磁石が前記可動範囲を超えて動作することにより前記位置検知用コイルに発生した誘導起電力を検出して前記駆動用コイルに供給する前記交流電流の電圧値を変更する制御部とを備えたことにより、前記誘導起電力が所定の基準値を越えると、駆動用コイルに供給する交流電流の電圧値が低減されるため、ピストンの往復動の振幅が設計上の基準値を上回り、可動範囲を大きく越えて動作することを抑制し、ピストンとディスプレーサとの衝突による部品の破損を防止できる。

【0033】また、本発明によると、ディスプレーサを動力源を用いて駆動する必要があるため、ディスプレーサの往復動にもエネルギーを必要とする2シリンダ方式のスターリング冷凍機に比し、スターリング冷凍機の構成が簡略化されるとともに、冷凍機運転時のランニングコストの削減が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るフリーピストン型スターリン\*

\* グ冷凍機の一例の断面図である。

【図2】 その冷凍機の制御装置のブロック図である。

【図3】 その冷凍機の制御方法の一例のフローチャートである。

【図4】 ピストンの往復動の中心位置からの変位と、駆動用コイルに供給するパルス電圧の波形とを示す図である。

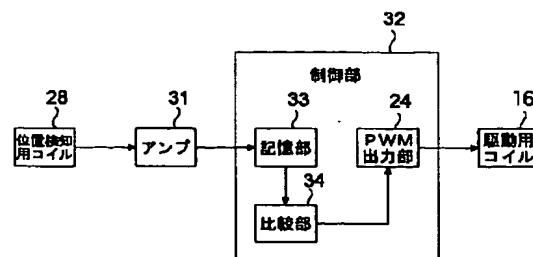
【図5】 ピストンの往復動の中心位置からの変位と、駆動用コイルに供給するパルス電圧の波形とを示す図である。

【図6】 従来のフリーピストン型スターリング冷凍機の一例の断面図である。

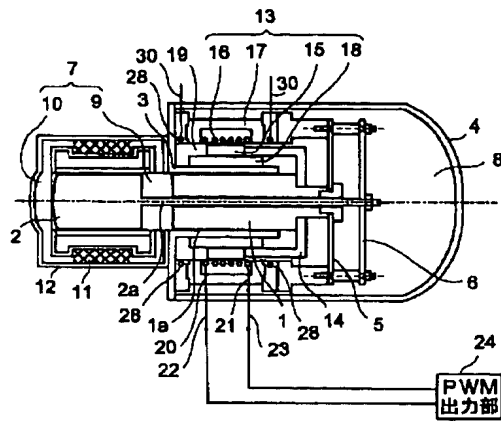
【符号の説明】

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | ピストン        |
| 2  | ディスプレーサ     |
| 3  | シリンダ        |
| 4  | 耐圧容器        |
| 5  | ピストン支持バネ    |
| 6  | ディスプレーサ支持バネ |
| 7  | 作動空間        |
| 8  | 背面空間        |
| 9  | 圧縮空間        |
| 10 | 膨張空間        |
| 11 | 再生器         |
| 12 | 通路          |
| 13 | リニアモータ      |
| 14 | スリーブ        |
| 15 | 環状永久磁石      |
| 16 | 駆動用コイル      |
| 24 | PWM出力部      |
| 28 | 位置検知用コイル    |
| 31 | アンプ         |
| 32 | 制御部         |
| 33 | 記憶部         |
| 34 | 比較部         |

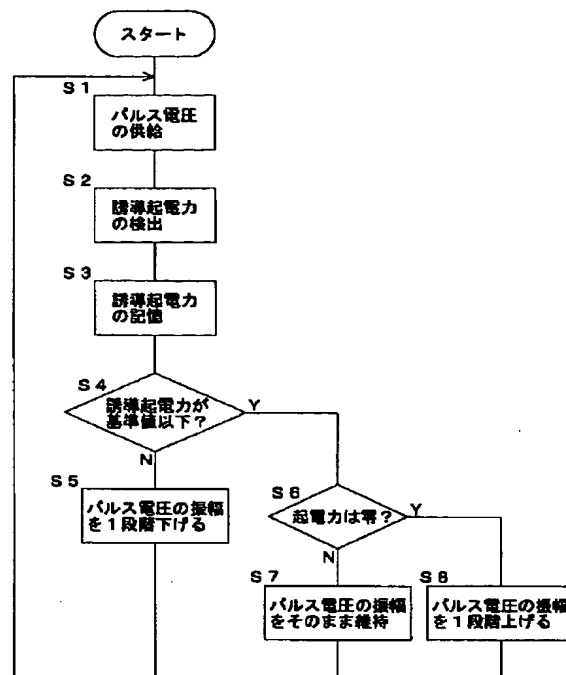
【図2】



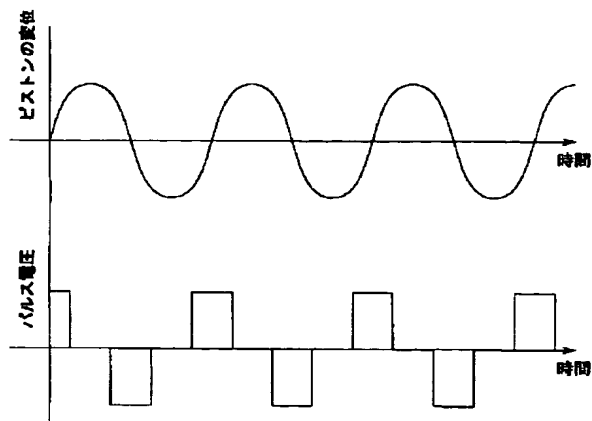
【図1】



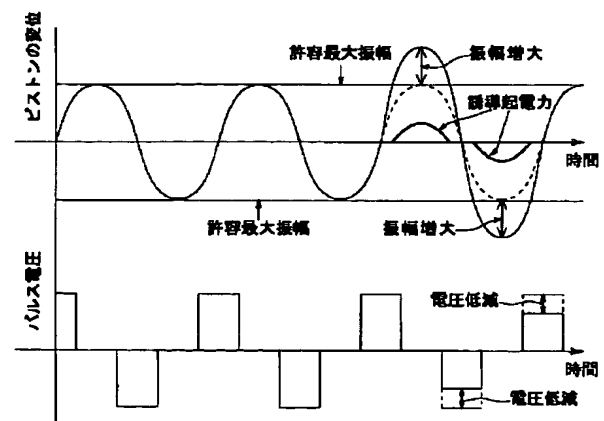
【図3】



【図4】



【図5】



PWM  
出力部



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第5部門第3区分  
 【発行日】平成15年8月15日(2003. 8. 15)

【公開番号】特開2002-213831(P2002-213831A)  
 【公開日】平成14年7月31日(2002. 7. 31)  
 【年通号数】公開特許公報14-2139  
 【出願番号】特願2001-12602(P2001-12602)  
 【国際特許分類第7版】

F25B 9/14 520

【F I】

F25B 9/14 520 F

【手続補正書】

【提出日】平成15年5月7日(2003. 5. 7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンの往復動の駆動源と、前記駆動源に電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレイサとを有するスターリング冷凍機において、

前記ピストンが往復動可動範囲を超えたことを検知する位置検知手段と、前記ピストンの動作が前記可動範囲を超えたことを前記位置検知手段が検知したとき、前記電源から前記駆動源へ供給する電力を低減する制御手段とを備えたことを特徴とするスターリング冷凍機。

【請求項2】 シリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンを往復駆動させるリニアモータと、前記リニアモータに交流電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレイサとを有するスターリング冷凍機において、

前記リニアモータの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する永久磁石が往復動可動範囲を超えたことを検知する位置検知用コイルと、前記永久磁石が前記可動範囲を超えたとき前記位置検知用コイルに発生する起電力を検出して前記リニアモータに供給する前記交流電力の電圧値を変更する制御部とを備えたことを特徴とするスターリング冷凍機。

【請求項3】 シリンダ内に配されたピストンと、前記ピストンを往復駆動させるリニアモータと、前記リニアモータに交流電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレイサとを有するスターリング冷凍機の運転制御方法

において、

前記リニアモータの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する永久磁石が可動範囲を超えたことを検知する位置検知用コイルに、前記永久磁石が前記可動範囲を超えたとき発生する起電力を検出して、前記リニアモータに供給する前記交流電力の電圧値を変更することを特徴とするスターリング冷凍機の運転制御方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スターリング冷凍機、特にフリーピストン型スターリング冷凍機及びその運転制御方法に関するものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】スターリング冷凍機は、逆スターリングサイクルとして既知の熱力学的サイクルを利用して所望の冷凍能力を取り出すように構成された冷凍システムである。特に、フリーピストン型スターリング冷凍機は、設計が比較的容易で優れた能力を発揮するため、実用化に向けた開発が盛んに行われている。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】駆動用コイル16には第1のリード線20及び第2のリード線21が接続され、これらのリード線

20、21は耐圧容器4の壁を通して第1の電気接点22及び第2の電気接点23との接続を介してPWM出力部24と接続されている。以上の環状永久磁石15、駆動用コイル16、リード線20、21及びヨーク17、18は全体としてリニアモータ13を構成している。そして、PWM出力部24によりリニアモータ13に交流電力がパルス電圧として供給される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】上記のように構成された従来の冷凍機の動作について説明する。PWM出力部24より電気接点22、23及びリード線20、21を介して駆動用コイル16に交流電力を供給すると、駆動用コイル16には交流の周波数で両端の極性が変化する磁界が作られる。環状永久磁石15には間隙19中の上記極性が変化する磁界との相互作用により吸引及び反発力がシリンダ3の軸方向に働く。その結果、環状永久磁石15が取り付けられたピストン1はシリンダ3内を軸方向に移動する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】今、駆動用コイル16に正弦波状の交流電力を供給すると、ピストン1がシリンダ3の内壁に沿って摺動しながら往復動する。これにより、圧縮空間9内で作動ガスは圧縮され、再生器11を通過する際に熱を回収された後、膨張空間10側に移動する。膨張空間10内に流入した作動ガスは、ディスプレイサ2を押し下げながら膨張される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】従って、フリーピストン型スターリング冷凍機の運転に際しては、ピストン1の振幅が基準値を超えないようリニアモータ13に供給する交流電力を慎重に制御する必要がある。本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、フリーピストン型スターリング冷凍機の運転中、ピストン1とディスプレイサ2との衝突を防止できるフリーピストン型スターリング冷凍機を提供することを目的とする。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、シリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンの往復動の駆動源と、前記駆動源に電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレイサとを有するスターリング冷凍機において、前記ピストンが往復動可動範囲を超えたことを検知する位置検知手段と、前記ピストンの動作が前記可動範囲を超えたことを前記位置検知手段が検知したとき、前記電源から前記駆動源へ供給する電力を低減する制御手段とを備えたことを特徴とする。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】この構成によると、ピストンが往復動可動範囲を超えたことが位置検知手段により検出されると、それに基づき制御手段によってピストンの駆動源に供給される電力が低減される。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】また、本発明は、シリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンを往復駆動させるリニアモータと、前記リニアモータに交流電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレイサとを有するスターリング冷凍機において、前記リニアモータの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する永久磁石が往復動可動範囲を超えたことを検知する位置検知用コイルと、前記永久磁石が前記可動範囲を超えたとき前記位置検知用コイルに発生する起電力を検出して前記リニアモータに供給する前記交流電力の電圧値を変更する制御部とを備えたことを特徴とする。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】この構成によると、ピストンの往復動と連動する永久磁石が可動範囲を超えて動作すると、この永久磁石が位置検知用コイルを通過する際に起電力が発生する。そして、この起電力に応じて制御部は、ピストンのリニアモータに供給する交流電力の電圧値を変更す

る。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】また本発明は、シリンダ内に配されたピストンと、前記ピストンを往復駆動させるリニアモータと、前記リニアモータに交流電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機の運転制御方法において、前記リニアモータの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する永久磁石が可動範囲を超えたことを検知する位置検知用コイルに、前記永久磁石が前記可動範囲を超えたとき発生する起電力を検出して、前記リニアモータに供給する前記交流電力の電圧値を変更することを特徴とする。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】この方法によると、ピストンの往復動と連動する永久磁石が可動範囲を越えて動作すると、この永久磁石が位置検知用コイルを通過する際に起電力が発生する。そして、この起電力に応じてピストンのリニアモータに供給する交流電力の電圧値が変更される。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】位置検知用コイル28、28のそれぞれから耐圧容器4を通して引き出されるリード線30、30は、アンプ31を介して制御部32に接続されている。制御部32内には、位置検知用コイル28からの検出信号（誘導起電力）を受けてその値を記憶する記憶部33と、該記憶部33に記憶された電圧値を予め設定された基準値と比較する比較部34と、その比較結果に基づき適切な電圧値を決定してリニアモータ13に交流電力を供給するPWM出力部24とが設けられている。尚、PWM出力部24は、予め与えられた複数の段階的な値を振幅とするパルス電圧（図4参照）を出力するようになっているものとする。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】ところが、突発的な作動ガス圧の変化やガ

スパランスの崩れが生ずると、作動ガスの波動が不規則な変化をし、これにより図5のようにピストン1の振幅が設計上の基準値を上回り、可動範囲を越えて動作する場合がある。この場合、上記の対応関係が崩れ、同じ出力で交流電力をリニアモータ13に供給しては、一旦増大したピストン1の振幅を元に戻すことはできない。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】

【発明の効果】以上説明したように本発明によると、シリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンの往復動の駆動源と、前記駆動源に電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、前記ピストンが往復動可動範囲を超えたことを検知する位置検知手段と、前記ピストンの動作が前記可動範囲を超えたことを前記位置検知手段が検知したとき、前記電源から前記駆動源へ供給する電力を低減する制御手段とを備えたことにより、位置検知手段から制御手段への出力があった場合、駆動源に供給する電力が低減されるため、ピストンの往復動の振幅が設計上の基準値を上回り、可動範囲を大きく越えて動作することを抑制し、ピストンとディスプレーサとの衝突による部品の破損を防止できる。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】また、本発明によると、シリンダ内に配され前記シリンダの軸方向に往復動可能なピストンと、前記ピストンを往復駆動させるリニアモータと、前記リニアモータに交流電力を供給する電源と、前記シリンダ内で前記ピストンと所定の位相差をもって往復動するディスプレーサとを有するスターリング冷凍機において、前記リニアモータの同軸上の両側又は片側であって前記ピストンの往復動と連動する永久磁石が往復動可動範囲を超えたことを検知する位置検知用コイルと、前記永久磁石が前記可動範囲を超えたとき前記位置検知用コイルに発生する起電力を検出して前記リニアモータに供給する前記交流電力の電圧値を変更する制御部とを備えたことにより、前記誘導起電力が所定の基準値を越えると、駆動用コイルに供給する交流電力の電圧値が低減されるため、ピストンの往復動の振幅が設計上の基準値を上回り、可動範囲を大きく越えて動作することを抑制し、ピストンとディスプレーサとの衝突による部品の破損を防

止できる。